

Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção

Maize fertigation with treated sanitary wastewater: growth and yield

Pablo Fernando Santos Alves^{1*}, Silvânio Rodrigues dos Santos¹,
Marcos Koiti Kondo¹, Edcássio Dias Araújo¹, Polyanna Mara de Oliveira²

RESUMO

Avaliou-se o crescimento vegetativo e a produção de milho em campo, fertirrigado com diferentes doses de água residuária da estação de tratamento de esgoto de Janaúba, Minas Gerais. Utilizou-se o delineamento em quatro blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo cinco tratamentos: água limpa + adubação mineral; e água residuária tratada equivalente a 50; 100; 150 e 200% da adubação com 60 kg.ha⁻¹ de K₂O em cobertura. Nas subparcelas, avaliaram-se as plantas aos 24, 38, 51 e 74 dias após a emergência. O fornecimento de doses de potássio via água residuária tratada além de 142% da dose recomendada do nutriente reduz o diâmetro transversal da copa. A produtividade do milho em grãos não é influenciada pela aplicação de água residuária tratada.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; adubação potássica; reúso.

ABSTRACT

We evaluated the growth and yield of maize field, fertigated with different wastewater rates coming from Janaúba sewage treatment plant (Minas Gerais State, Brazil). The split-plot on a randomized complete block design was used with five levels: mineral fertilizer + clean water, treated wastewater like to 50%, 100%, 150% and 200% fertilization with 60 kg.ha⁻¹ K₂O topdressing. As subplots, maize plants were evaluated at 24, 38, 51 and 74 days after emergence. Potassium supply 142% above the recommended level decrease the transversal canopy diameter. Maize grain yield is not affected by wastewater fertigation.

Keywords: *Zea mays* L.; potassium fertilization; reuse.

INTRODUÇÃO

Com a redução da oferta hídrica para os mais diversos fins, os quais incluem a prática da irrigação e o consumo humano direto, o estudo de técnicas mais racionais de uso da água tem sido fato cada dia mais constante.

O uso agrícola de esgoto sanitário vem sendo demonstrado em muitos estudos (MEDEIROS *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2009; DEON *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2012; FREITAS *et al.*, 2013) como uma alternativa viável para a destinação de resíduos devido à possibilidade de suprir as exigências hídricas e nutricionais de algumas culturas, reduzindo os custos de produção.

Além das vantagens agrônômicas, o uso agrícola de efluente contribui de forma considerável para o saneamento ambiental, pois a deposição de águas residuárias de forma inadequada em corpos d'água está associada a uma série de doenças de veiculação ou associação hídrica, conforme verificado por Amaral *et al.* (2003) e Franco (2007). Para ressaltar essa importância, estima-se que para cada R\$ 1 investido no

setor de saneamento, economizam-se R\$ 4 na área de medicina curativa (FUNASA, 2007).

O sucesso no uso agrícola de efluentes possui uma etapa fundamental: a escolha da cultura a ser utilizada, considerando suas características fitotécnicas, facilitadoras do manejo com água residuária, e socioeconômicas, vinculadas à inserção regional da cultura agrícola. Nesse contexto, o milho se destaca por ser uma cultura amplamente conhecida, realizada em distintos níveis tecnológicos por diferentes classes de produtores (pequenos, médios e grandes) nas diversas regiões brasileiras.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), no ano de 2012 a produção nacional dessa *commodity* agrícola foi estimada em aproximadamente 71,49 milhões de toneladas, com rendimento médio de 5.026 kg.ha⁻¹.

O manejo da nutrição da planta é um fator determinante na sua produção, sendo o nitrogênio (N), o potássio (K) e o fósforo (P),

¹Universidade Estadual de Montes Claros - Montes Claros (MG), Brasil.

²Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Nova Porteirinha (MG), Brasil.

*Autor correspondente: agrotecnico10@yahoo.com.br

Recebido: 06/10/2014 - Aceito: 14/06/2017 - Reg. ABES: 136152

em ordem decrescente, os nutrientes absorvidos em maior quantidade pelo milho (COELHO *et al.*, 2006). A obtenção de boas produtividades geralmente está condicionada ao fornecimento de tais nutrientes via adubação mineral e/ou orgânica.

Muitos dos nutrientes necessários ao desenvolvimento da cultura do milho são encontrados em níveis consideráveis em água residuária sanitária tratada (AR). Nesse aspecto, destacam-se o P e o N (MARGUTI; FERREIRA FILHO; PIVELI, 2008; HENRIQUE *et al.*, 2010), sendo o primeiro um dos principais nutrientes limitantes na agricultura em solos tropicais e o segundo, fornecido basicamente por fertilizantes minerais industrializados, onerando os custos de produção agrícola. Além disso, esses nutrientes são os principais responsáveis pela eutrofização em corpos d'água (NEVES; SILVA; CRESTANA, 2006; FIGUEIRÊDO *et al.*, 2007).

Para evitar a adição de nutrientes em quantidades superiores às exigidas pela cultura, e muitas vezes até superiores à sua capacidade de retenção no solo, recomenda-se equacionar a dose de resíduos orgânicos a serem aplicados, tomando como base o nutriente cuja quantidade seja satisfeita com a menor dose (MATOS, 2007). Nesse sentido, o K apresenta-se como um dos principais constituintes de águas residuárias, sendo amplamente utilizado como elemento referência na determinação das doses de água residuária a serem dispostas no solo (ARIENZO *et al.*, 2009; ERTHAL *et al.*, 2010).

Os níveis de K nas águas residuárias têm recebido menos atenção que os de N, P e matéria orgânica, sendo fato preocupante, pois esses últimos podem ser controlados e/ou tratados por processos aeróbios e anaeróbios, ao contrário do K, cujos níveis podem ser incrementados pela evaporação nas lagoas de tratamento (ARIENZO *et al.*, 2009). Como exemplo, em uma aplicação típica de 5.000 m³.ha⁻¹ de águas residuárias municipais tratadas podem ser fornecidos 130 kg.ha⁻¹ de K ao solo (FAO, 2002).

Isso torna interessante a disposição controlada de água residuária no solo visando ao suprimento de K para as plantas, todavia, deve-se considerar que os teores desse nutriente, bem como de outros elementos, não estarão balanceados (MELO *et al.*, 2009).

Dessa maneira, objetivou-se com a realização do presente trabalho, avaliar o crescimento vegetativo e a produção de milho fertirrigado com diferentes doses de AR em nível terciário, tendo o K como elemento referência.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), localizada ao lado da sua estação de tratamento de esgoto (ETE) em Janaúba, Minas Gerais, situada nas coordenadas geográficas 15°49'53" S e 43°16'20" W, com altitude de 540 m, cujo clima, segundo Köppen, é do tipo Aw (tropical, com inverno seco).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, textura média. As parcelas experimentais localizaram-se na mesma área anteriormente ocupada com experimento de reúso, com AR e água residuária sanitária bruta na cultura do algodão. Em virtude disso, antes da implantação desse experimento, coletou-se solo para análise e caracterização química (Tabela 1).

Durante a execução do experimento foram realizadas, mensalmente, análises físico-químicas do efluente para cálculo das lâminas de AR a serem aplicadas e quantificação dos nutrientes aportados ao solo, cujos resultados encontram-se expressos na Tabela 2. A partir desses resultados analíticos, obtidos conforme a *American Public Health Association* (APHA *et al.*, 2012), e conhecendo-se as lâminas aplicadas, estimou-se o aporte dos nutrientes e elementos ao solo.

A água residuária, depois de passar pelo sistema de tratamento da ETE-Janaúba — constituído de tratamento preliminar, reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) e lagoa facultativa seguida por uma série de duas lagoas de maturação —, foi aduzida até o conjunto motobomba da área experimental, localizada a 220 m da última lagoa de maturação.

O K foi o nutriente referência escolhido para a determinação das doses de AR, complementando-se o N necessário para o desenvolvimento e a produção do milho, que não foi suprido pela AR, com adubações semanais de ureia desde a emergência, totalizando 160 kg.ha⁻¹ de N (Tabela 2), em 11 aplicações.

O delineamento foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos: T0: água limpa e adubação mineral; T1: 50%; T2: 100%; T3: 150% e T4: 200% da adubação de cobertura potássica (60 kg.ha⁻¹ de K₂O) via água residuária sanitária de tratamento terciário, com quatro repetições.

O preparo do solo consistiu da remoção manual da soqueira do algodão e escarificação com enxada, sem revolvimento total do solo. A semeadura do milho híbrido RB9110 vt PRO foi realizada no dia 14 de novembro de 2012, realizando-se na mesma data uma adubação fosfatada em sulco, com superfosfato simples (18% P₂O₅) nas doses indicadas na Tabela 2 (P₂O₅, AM).

A exigência hídrica da cultura em todas as parcelas foi calculada mediante a evapotranspiração diária de referência (ET₀), pelo método de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 2006), a partir dos dados obtidos em uma estação meteorológica portátil instalada na área experimental. Com os valores do coeficiente de cultivo (Kc) diários, calculou-se a evapotranspiração da cultura (ETc). A cada dois dias foram aplicadas lâminas acumuladas visando repor a ETc. Uma vez por semana foram aplicadas lâminas da AR, desde o início do ciclo, visando ao fornecimento do K em cada tratamento. O restante da exigência hídrica da cultura nessas aplicações de AR foi atendido com complementação via água limpa. O sistema de irrigação foi o gotejamento, com eficiência de aplicação estimada em 96% e vazão média dos emissores igual a 5,81 L.h⁻¹. Foi usada uma linha lateral por fileira de plantas, sendo o espaçamento entre emissores igual a 0,40 m.

Os demais tratamentos culturais seguiram os recomendados para a cultura. As parcelas experimentais foram compostas por 6 linhas

de 5,9 m cada uma, espaçadas entre si por 0,90 m. A área útil considerada compreendeu as quatro linhas centrais de cada parcela. A colheita foi realizada quando os grãos se encontravam com umidade igual a 15%, aproximadamente.

As avaliações de crescimento foram realizadas nos períodos que corresponderam a 24, 38, 51 e 74 dias após a emergência (DAE). Avaliou-se a altura de plantas, o número de folhas por planta, o diâmetro do colo da planta e o diâmetro transversal da copa.

A produtividade média ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi estimada pela razão da massa corrigida (massa do grão na umidade de 12,5%) de milho pela área útil da parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos a 5% pelo teste F, procedeu-se à análise de regressão. Para a comparação de médias de tratamento em relação à testemunha, realizou-se o teste de Dunnett a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao crescimento vegetativo, apenas as variáveis número de folhas (NF) e diâmetro transversal da copa (DTC) diferiram da testemunha em pelo menos uma das avaliações, cujas médias encontram-se

Tabela 1 - Médias de pH em água, matéria orgânica, fósforo, potássio, ferro, sódio, cálcio e saturação por bases no perfil do solo antes da implantação do experimento.

Profundidade (cm)	pH _{H2O}	Matéria orgânica (dag.kg ⁻¹)	P (mg.dm ⁻³)	K (mg.dm ⁻³)	Fe (mg.dm ⁻³)	Na (cmol _c .dm ⁻³)	Ca (cmol _c .dm ⁻³)	Saturação por bases (%)
0 a 20	6,6	1,5	3,5	138,8	17,9	0,13	3,5	76,4
20 a 40	6,4	0,8	1,7	123,5	14,8	0,12	2,9	68,4
40 a 60	6,1	0,5	1,4	77,8	15,1	0,12	2,8	62,8
60 a 80	5,8	0,3	1,4	59,3	14,7	0,11	2,7	62,5

Tabela 2 - Lâminas líquidas de água residuária sanitária tratada, precipitação efetiva, lâminas líquidas complementares de irrigação, lâminas totais aplicadas nas parcelas experimentais, bem como doses totais dos constituintes químicos nitrogênio total, fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, ferro e zinco, fornecidos via adubação mineral e aporte ao solo via água residuária sanitária tratada nos tratamentos, no ciclo do milho.

Tratamento	AR (mm)	Chuva (mm)	AL (mm)	Total (mm)
T0	0,00	195,0	477,9	672,9
T1	61,2	195,0	416,7	672,9
T2	122,0	195,0	355,9	672,9
T3	180,5	195,0	297,4	672,9
T4	241,2	195,0	236,7	672,9

Nutrientes/elementos aportados ao solo (kg.ha ⁻¹)												
Tratamento	N _{abs}			P ₂ O ₅			K ₂ O			Na		
	AM	AR	Total	AM	AR	Total	AM	AR	Total	AM	AR	Total
T0	160,0	0,0	160,0	120,0	0,0	120,0	60,0	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0
T1	104,0	79,4	183,4	111,0	12,7	123,7	0,0	30,0	30,0	0,0	51,3	51,3
T2	101,0	87,6	188,6	101,0	25,3	126,3	0,0	59,7	59,7	0,0	102,2	102,2
T3	98,0	95,5	193,5	92,0	37,4	129,4	0,0	88,4	88,4	0,0	151,4	151,4
T4	95,0	103,7	198,7	82,0	50,0	132,0	0,0	118,1	118,1	0,0	202,2	202,2

Tratamento	Ca			Fe			Mn			Zn		
	AM	AR	Total	AM	AR	Total	AM	AR	Total	AM	AR	Total
T0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T1	0,0	10,7	10,7	0,0	0,5	0,5	0,0	0,06	0,06	0,0	0,003	0,003
T2	0,0	21,3	21,3	0,0	1,0	1,0	0,0	0,12	0,12	0,0	0,005	0,005
T3	0,0	31,6	31,6	0,0	1,5	1,5	0,0	0,19	0,19	0,0	0,007	0,007
T4	0,0	42,2	42,2	0,0	2,0	2,0	0,0	0,25	0,25	0,0	0,009	0,009

AR: água residuária sanitária tratada; AL: lâminas líquidas complementares de irrigação; total: lâminas totais aplicadas nas parcelas experimentais; N_{abs}: nitrogênio total (corresponde ao nitrogênio disponibilizado para a cultura); AM: adubação mineral; T0: água limpa e cobertura com adubação mineral; T1: 50%; T2: 100%; T3: 150%; T4: 200% do potássio em cobertura (60 kg.ha⁻¹ de K₂O) via AR. Os constituintes químicos da AR foram determinados conforme APHA *et al.* (2012).

na Tabela 3. Nesse caso, a realização da análise de variância para essas variáveis indicou não haver interação entre os fatores estudados (dias após a emergência e diferentes doses de K via AR), sendo significativos apenas os efeitos isolados desses fatores.

Com relação ao NF, observa-se (Figura 1) incremento até 59 DAE, posteriormente a esse período, a senescência das plantas determinou a redução do NF por planta.

Quanto aos períodos de avaliação, o DTC respondeu de maneira similar ao NF, sendo observado (Figura 2A) incremento até 61 DAE, com posterior redução. Para o efeito das doses de K em cobertura, observa-se (Figura 2B) que a aplicação de água residuária até

Tabela 3 - Valores médios e teste de Dunnett para as variáveis diâmetro, número de folhas, diâmetro transversal da copa e altura.

Tratamento	DIA	NF	DTC	ALT
	24 DAE			
T1	18,1	8,8	58,5	41,1
T2	19,1	8,7	71,5	41,4
T3	18,5	8,8	70,0	42,7
T4	19,4	8,9	69,2	44,9
TO	18,2	8,8	69,2	44,0
Tratamento	DIA	NF	DTC	ALT
	38 DAE			
T1	22,7	12,4	100,1	157,9
T2	24,0	12,4	106,5	166,6
T3	23,3	12,4	106,3	165,1
T4	24,0	12,4	107,2	169,1
TO	22,0	12,2	102,5	160,1
Tratamento	DIA	NF	DTC	ALT
	51 DAE			
T1	23,1	13,9	122,4	221,7
T2	23,9	13,8	129,0	223,3
T3	23,9	13,8	132,0*	230,6
T4	24,0	14,0	128,2	229,4
TO	22,4	13,8	122,5	213,9
Tratamento	DIA	NF	DTC	ALT
	74 DAE			
T1	22,0	13,5*	119,7	232,5
T2	22,2	13,2	124,7	234,2
T3	22,0	13,3	129,3	240,2
T4	22,5	13,4	125,2	238,0
TO	21,0	13,2	119,2	226,3

DIA: diâmetro; NF: número de folhas; DTC: diâmetro transversal da copa; ALT: altura; DAE: dias após a emergência; *médias seguidas de asterisco diferem da testemunha, pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de significância, para cada período de avaliação; TO: água limpa e cobertura com adubação mineral; T1: 50%; T2: 100%; T3: 150%; T4: 200% do potássio em cobertura via água residuária sanitária tratada.

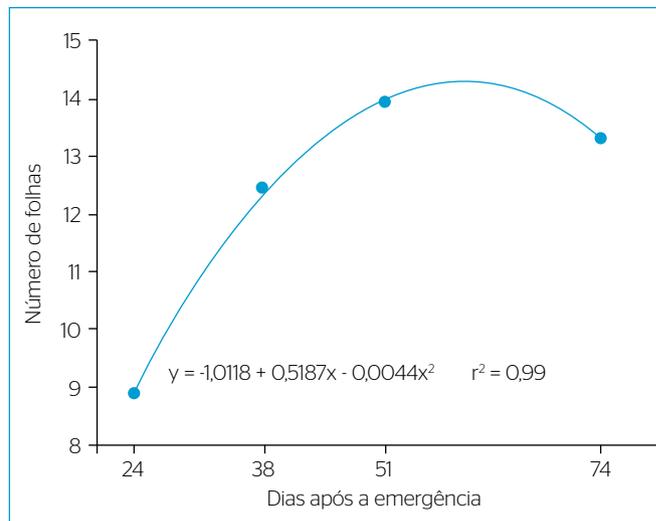


Figura 1 - Número de folhas por planta de milho híbrdo RB9110 vt PRO fertilizado com efluente sanitário em função de dias de avaliação após a emergência.

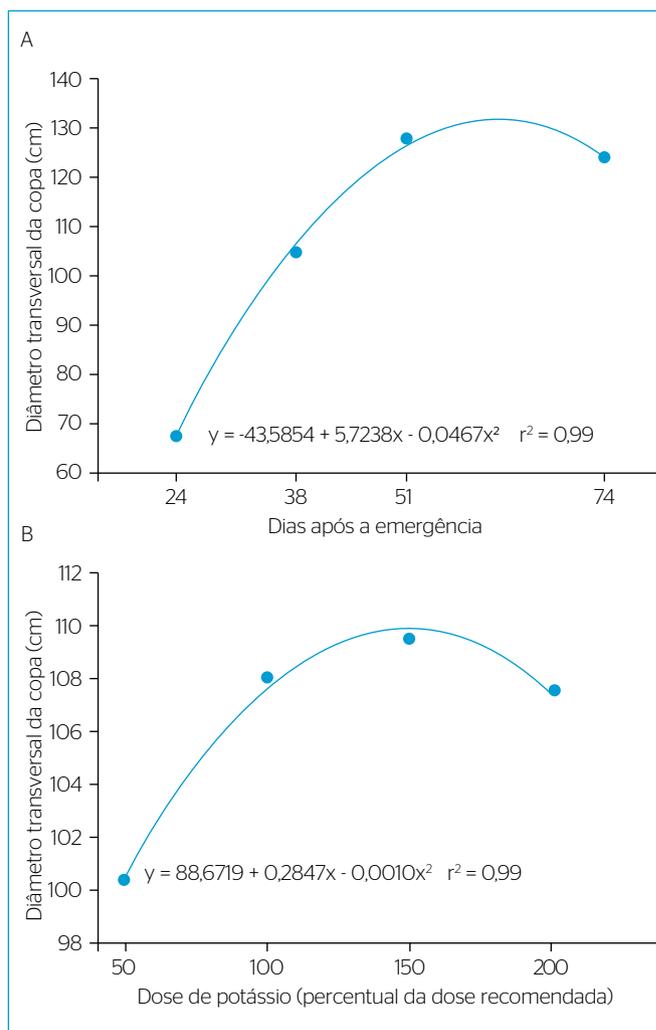


Figura 2 - Diâmetro transversal da copa em milho em função da avaliação em (A) diferentes dias após a emergência; e (B) diferentes doses de potássio via efluente sanitário.

aproximadamente 142% da dose de K recomendado provoca aumento do DTC, havendo redução logo em seguida.

O equilíbrio nutricional é uma condição necessária ao bom desenvolvimento da maioria das culturas. Por estar no solo principalmente na forma catiônica, o potássio (K^+) compete por sítios de absorção nas raízes das plantas com outros elementos como o cálcio (Ca^{2+}). Dessa forma, o desequilíbrio entre esses nutrientes para aplicações acima de 142% da dose de K recomendada pode ter contribuído para a redução do DTC e, conseqüentemente, para a redução da área fotosintética das plantas de milho.

Segundo Garcia *et al.* (2007), o estresse salino representa um dos mais sérios fatores que limitam o crescimento e a produção das culturas, induzindo modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas superiores. Esses autores verificaram que aos 120 dias após o plantio, os teores de K nas folhas de milho decresceram linearmente com o aumento dos níveis de salinidade do solo. Para Azevedo Neto e Tabosa (2000), o estresse salino promove aumento no efluxo citossólico de K nas raízes das plantas, devendo essa perda ser o resultado direto de trocas osmoticamente induzidas na permeabilidade do plasmalema, como também da substituição de cálcio por sódio na membrana, abrindo canais para o K.

Tendo em vista o importante papel que os íons de K desempenham na regulação do potencial osmótico das células vegetais, ativação de enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2004), acredita-se que um possível efeito salino, induzido principalmente pelo aporte de sódio constituinte da AR ao solo (Tabela 2), tenha contribuído indiretamente para a redução do DTC.

A produtividade do milho não foi influenciada pelas diferentes doses de K utilizando-se o efluente sanitário (Tabela 4). Esse fato pode estar atribuído aos resíduos das fertirrigações com água residuária no experimento anterior. Pois, conforme observado (Tabela 1), os teores iniciais de K no solo estariam, conforme (CFSEMG, 1999), além do nível definido como crítico para a cultura, sobretudo na camada

arável (0 a 20 cm). Nesse caso, sendo suficientes à expressão do potencial produtivo e explicando a ausência de resposta da cultura às diferentes doses do nutriente via água residuária.

Além disso, segundo Pavinato *et al.* (2008), o K é o mineral mais abundante no tecido vegetal de praticamente todas as espécies vegetais e, por apresentar-se predominantemente na forma iônica K^+ no tecido, seu retorno ao solo é muito rápido, ocorrendo logo após a senescência das plantas. Embora os resíduos do cultivo anterior (algodão) tenham sido retirados da área ao final do seu cultivo, acredita-se que a ciclagem de folhas que foram aportadas ao solo durante o ciclo do algodão tenha contribuído para a liberação de K^+ ao solo em quantidades que contribuíram para o suprimento das exigências da cultura do milho.

Vários trabalhos indicam que a resposta de inúmeras culturas agrícolas à adubação potássica é baixa, principalmente em condições de manejo que favorecem o incremento de K e/ou em solos com elevada concentração de minerais primários e secundários ricos em K (BRUNETTO *et al.*, 2005; PAVINATO *et al.*, 2008; WENDLING *et al.*, 2008; VALDERRAMA *et al.*, 2011). Não há evidências da influência isolada da adubação potássica no milho. No entanto, deve-se atentar para o risco de esgotamento do elemento no solo, com a quantificação e reposição do K e de outros nutrientes exportados.

Outro fato importante para a suficiência do K foi o correto manejo da irrigação neste estudo, que reduziu as perdas por lixiviação, evitando-se a aplicação de água além da capacidade de armazenamento do solo e das exigências da cultura.

Desprezando-se por ora os custos relacionados à infraestrutura para a implantação de sistemas de uso agrícola do efluente, a adoção dessa prática representaria uma alternativa viável do ponto de vista econômico. Além disso, incorporaria ganhos ambientais à cadeia produtiva da cultura, uma vez que propiciaria uma destinação mais sustentável para os efluentes sanitários, que muitas vezes são lançados nos corpos d'água, e também representaria uma redução da utilização de água de melhor qualidade na irrigação, priorizando-a para fins mais nobres como o consumo humano direto. Ressaltando essa informação, destaca-se (Tabela 2) neste experimento a economia de água aplicada via irrigação de maneira a atender às exigências hídricas da cultura em relação ao tratamento testemunha, cujos valores situam-se na ordem de 12,8; 25,5; 37,8 e 50,5%, respectivamente, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.

CONCLUSÕES

O fornecimento de K além de 142% da dose recomendada via AR contribui para a redução da área foliar do milho. Em solos com altos teores de K, o incremento das doses desse elemento via água residuária não contribui para o aumento na produtividade do milho.

Tabela 4 - Médias de produtividade de milho em tratamentos com adubação potássica em cobertura.

Tratamento	Média (kg.ha ⁻¹)
T0	7576,6 A
T1	8.780,3 A
T2	7939,8 A
T3	9.036,7 A
T4	7.975,4 A
Média	8.261,8

T0: água limpa e cobertura com adubação mineral; T1: 50%; T2: 100%; T3: 150%; T4: 200% do potássio em cobertura via água residuária sanitária tratada; médias seguidas pela mesma letra maiúscula da testemunha (T0) na coluna não diferem dela pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de significância.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (2006) *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO. 320 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- AMARAL, L.A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O.D.; FERREIRA, F.L.A.; BARROS, L.S.S. (2003) Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, p. 510-514. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102003000400017>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). (2012) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF. 1360 p.
- ARIENZO, M.; CHRISTEN, E.W.; QUAYLE, W.; KUMAR, A. (2009) A review of the fate of potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*, v. 164, n. 2-3, p. 415-422. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.08.095>
- AZEVEDO NETO, A.D. de; TABOSA, J.N. (2000) Estresse salino em plântulas de milho: parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, p. 165-171. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000200006>
- BRUNETTO, G.; GATIBONI, L.C.; SANTOS, D.R.; SAGGIN, A.; KAMINSKI, J. (2005) Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um Argissolo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 4, p. 565-571. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000400009>
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. (2006) Nutrição e adubação do milho. *EMBRAPA*. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/490410>>. Acesso em: 5 abr. 2014.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG). (1999) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 359 p.
- COSTA, F.X.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, C.A.V.; SOARES, F.A.L.; ALVA, I.D.M. (2009) Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 6, p. 687-693. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000600004>
- DEON, M.D.; GOMES, T.M.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.; SILVA, E. (2010) Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 10, p. 1149-1156.
- ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T. de; PEREIRA, O.G. (2010) Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 467-477.
- FIGUEIRÊDO, M.C.B.; TEIXEIRA, A.S.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J.C. (2007) Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 4, p. 399-409. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000400006>
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). (2002) *Production Yearbooks, Fertilizer Yearbooks*. Roma: FAO.
- FRANCO, R.M.B. (2007) Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública. *Revista Panamericana de Infectologia*, v. 9, n. 1, p. 36-43.
- FREITAS, C.A.S.; SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; MOTA, F.S.B.; GONÇALVES, L.R.B.; BARROS, E.M. (2013) Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 7, p. 727-734.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). (2007) *Manual de saneamento*. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 408 p.
- GARCIA, G. de O.; FERREIRA, P.A.; VIEIRA MIRANDA, G.; LIMA NEVES, J.C.; BUCKER MORAES, W.; BATISTA DOS SANTOS, D. (2007) Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. *Idesia (Arica)*, v. 25, p. 93-106. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000300010>
- HENRIQUE, I.N.; SOUSA, J.T.; CEBALLOS, B.S.O.; BRASIL, D.P. (2010) Remoção biológica de fósforo em reatores em bateladas sequenciais com diferentes tempos de retenção de sólidos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 197-204. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522010000200012>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2013) *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Rio de Janeiro: IBGE. v. 26. 65 p.
- MARGUTI, A.L.; FERREIRA FILHO, S.S.; PIVELI, R.P. (2008) Otimização de processos físico-químicos na remoção de fósforo de esgotos sanitários por processos de precipitação química com cloreto férrico. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, p. 395-404. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000400008>
- MATOS, A.T. (2007) *Disposição de águas residuárias no solo*. Viçosa: AEAGRI. 142 p. (Caderno Didático, n. 38).
- MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; SOUZA, J.A. (2008) Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 2, p. 109-115. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000200001>

- MELO, H.N.S.; PIFER, R.C.; ANDRADE NETO, C.O.; GIRARDI, L.; MARQUES JÚNIOR, J. (2009) Utilização de nutrientes de esgotos tratados em hidroponia. In: MOTA, S.; VON SPERLING, M. (Orgs.). *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. Rio de Janeiro: ABES. 428 p. p. 119-146.
- NEVES, F.F.; SILVA, F.G.B.; CRESTANA, S. (2006) Uso do modelo AVSWAT na avaliação do aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) aos mananciais de uma microbacia hidrográfica contendo atividade avícola. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, p. 311-317. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522006000400003>
- PAVINATO, P.S.; CERETTA, C.A.; GIROTTI, E.; MOREIRA, I.C.L. (2008) Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, v. 38, n. 2, p. 358-364. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000200010>
- RIBEIRO, M.C.F.; ROCHA, F.A.; SANTOS, A.C.; SILVA, J.O.; PEIXOTO, M.F.S.P.; PAZ, V.P.S. (2012) Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 6, p. 639-646. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000600008>
- RIBEIRO, M.S.; LIMA, L.A.; FARIA, F.H.S.; REZENDE, F.C.; FARIA, L.A. (2009) Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. *Engenharia Agrícola*, v. 29, n. 4, p. 569-577. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000400007>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2004) Fisiologia do estresse. *Fisiologia Vegetal*, v. 3, p. 613-643.
- VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. (2011) Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 2, p. 254-263.
- WENDLING, A.; ELTZ, F.L.F.; CUBILLA, M.M.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. (2008) Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 5, p. 1929-1939. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500014>